МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

В. М. БОЛЬШОВ

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 307

В. М. БОЛЬШОВ

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1958 ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Берг А. И., Бурдейный Ф. И., Бурлянд В. А., Ванеев В. И., Геништа Е. Н., Джигит И. С., Канаева А. М., Кренкель Э. Т., Куликовский А. А., Смирнов А. Д., Тарасов Ф. И., Шамшур В. И.

В брошюре излагаются принципы работы электронных реле времени и их расчет, приводится краткое описание практических схем реле времени различной сложности.

Брошюра рассчитана на широкий круг радиолюбителей и радиоспециалистов, работающих по внедрению электроники в народное хозяйство.

Большов Владимир Михайлович

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Редактор *Ф. И. Тарасов* Технич. редактор *Н. И. Борунов*

Сдано в набор 19/IV 1958 г. Подписано к печати 4/VII 1958 г.
Т—03994. Бумага 84×108¹/₃₂. 2,46 печ. л. Уч.-изд. л. 2,7
Тираж 65 000 экз. Цена 1 р. 10 к. Заказ 1252

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10

ВВЕДЕНИЕ

В творчестве радиолюбителей-конструкторов за последние годы видное место занимает автоматизация производственных процессов, конструирование различных электронных приборов для автоматического управления и контроля. Это вызвано тем, что автоматизация позволяет существенным образом улучшить ряд технологических процессов, особенно там, где производство связано с большой затратой физического труда или требуется высокая скорость и точность действия механизмов.

Одним из важных элементов автоматики является **реле времени**—устройство, позволяющее на определенный, наперед заданный отрезок времени включать или выключать какую-либо установку. Реле времени может входить составным элементом в различные системы автоматики, а также использоваться как самостоятельный прибор.

Особый интерес представляют управляемые реле времени, т. е. реле, время выдержки которых зависит от какого-либо параметра протекающего процесса. Примером такого реле времени может служить автоматический фотоэкспонометр. Время выдержки этого прибора устанавливается автоматически в зависимости от освещенности фотобумаги.

В современной технике используются самые разнообразные реле времени, отличающиеся как по назначению, так и по принципу действия. По последнему признаку все реле времени можно разделить на пневматические, тепловые, электромеханические и электронные. Последняя группа получила наибольшее распространение в силу ряда достоинств, важнейшими из которых являются отсутствие движущихся частей, высокая точность отсчета времени, большой диапазон выдержек и широкие возможности регулировки. Работа электронных реле времени основана на использовании инерционности заряда или разряда конденсатора через сопротивление, причем постоянная времени цепи заряда (или разряда) и определяет время выдержки.

Электронные реле времени можно разделить иа две основные группы: реле времени с газоразрядными приборами и реле времени на электронных лампах и ионных приборах. В реле времени первой группы основным элементом является газоразрядный прибор (стабилитрон, неоновая лампа, газонаполненный разрядник) и используется только процесс заряда конденсатора через сопротивление. В реле времени на электронных лампах и ионных приборах используется как заряд, так и разряд предварительно заряженного конденсатора.

Основными параметрами, характеризующими любое реле времени, являются дипазон выдержек, стабильность работы и потребляемая мощность.

Электронные реле времени имеют диапазон выдержек от сотых долей секунды до 10—20 *мин* при достаточной точности отсчета интервалов времени. В сочетании с электромеханическими устройствами, например шаговыми искателями, этот диапазон может быть расширен в сторону больших выдержек и составлять несколько дней и даже месяцев.

Стабильность (способность реле времени сохранять неизменной установленную выдержку при изменении питающих напряжений) оценивается величиной относительного изменения выдержки $\Delta T/T$, где ΔT—изменение, а T—время выдержки при изменении напряжения питания в заданных пределах. Величина $\Delta T/T$ может иметь как положительное, так и отрицательное значение. Знак минус показывает, что изменение выдержки противоположно изменению напряжения питания, т. е. если напряжение питания увеличивается, то выдержка уменьшается, и наоборот. При положительном знаке $\Delta T/T$ повышение напряжения питания увеличивает, а понижение уменьшает время выдержки. Следует отметить, что, применяя стабилизацию источников питания, а также различные стабилизирующие меры, выдержку можно сделать практически независящей от напряжения питания.

Немалое значение имеет также мощность, потребляемая реле времени от источников питания. Наиболее экономичны реле времени, потребляющие энергию только во время выдержки. К ним относится большинство реле времени с газоразрядными приборами и часть реле времени с электронными лампами.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С ГАЗОРАЗРЯДНЫМИ ПРИБОРАМИ

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Реле времени, выполненные на газоразрядных приборах, получили среди радиолюбителей самое широкое распространение. К достоинствам таких реле времени относится отсутствие ламп, требующих энергии на нагрев нити накала, что значительно повышает экономичность устройства и упрощает его эксплуатацию. Такие реле времени готовы к работе сразу же после включения. Они могут быть изготовлены из типовых и простых деталей и материалов, доступных каждому радиолюбителю-конструктору.

Недостатками реле времени на газоразрядных приборах являются низкая стабильность (без применения специальных мер), а также необходимость применения чувствительного электромеханического реле и зарядного конденсатора большой емкостью. Емкость конденсатора должна быть тем больше, чем грубее реле и чем меньше разность между потенциалами зажигания и погасания газоразрядного прибора.

Рассмотрим действие схемы реле времени на двухэлектродном газоразрядном приборе (рис. 1).

Для того чтобы реле времени начало отсчет времени, необходимо замкнуть его пусковой контакт K (кнопка, выключатель). При этом от источника питания $Б$ через сопротивление R потечет ток заряда конденсатора C.

Напряжение на конденсаторе C возрастает по закону

$$u_C = U_0\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right),$$

где u_C — мгновенное значение напряжения на конденсаторе, *в*;

U_0 — напряжение источника питания, *в*;

e — 2,73;

t — время заряда, *сек*;

R — зарядное сопротивление, *Мом*;
C — емкость конденсатора, *мкф*.

Когда напряженне на конденсаторе будет равно потенциалу зажнгання газоразрядного прибора, последннй становится проводящим н конденсатор C начнет разряжаться через газоразрядный прибор $Л$ и обмотку электромагннтного реле P. Если время разряда конденсатора больше времени срабатывання реле, то якорь последнего притянется и контакты *1* и *2* замкнут (или разомкнут) нужную цепь. Время между замыканием пускового контакта и срабатыванием реле и есть время выдержки.

Напряженне на конденсаторе начнет быстро уменьшаться, и разряд прекратится, когда оно станет равным потенциалу погасаний газоразрядного прнбора. Графнк зависимости напряжения на конденсаторе от временн заряда и разряда приведен на рис. 2.

Скорость нарастания иапряжения на конденсаторе (прн постоянном U_0) определяется произведением RC. Это произведение называется **постоянной времеии** данной цепи и обозначается буквой τ. Если величину сопротивления R выразить в мегомах, а емкость конденсатора C — в микрофарадах, то τ выразится в секундах. Например, если $R=2$ *Мом*, а $C=3$ *мкф*, то $\tau=3\cdot 2=6$ *сек*.

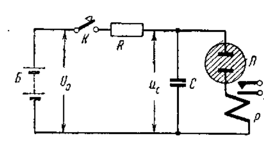


Рис. 1. Схема реле времени с газоразрядным прибором.

Процессы заряда и разряда конденсатора через сопротивление рассматриваются обычно в зависимости от постоянной времени цепи. Так, напрнмер, заряд конденсатора до напряжения источника пнтания происходит за время, равное $4{,}6\tau$. Потенцнал зажнгания $U_з$ газоразрядного прнбора выбнрается нмже иапряжения U_0 нсточника питания, поэтому и время заряда конденсатора до напряжения зажигания, т. е. время выдержки T, будет меньше времени, равного $4{,}6\tau$. Это время можно определить по формуле

$$T=RC\ln\frac{U_0}{U_0-U_з}=RC\ln\frac{1}{1-\frac{1}{k}}, \qquad (1)$$

где k — коэффицнент срабатывання, равный отношению $U_0/U_з$.

Напряжение, прн котором происходнт срабатыванне реле (в данном случае оно равно $U_з$), называется **напряжением реагироваиия**.

Время выдержки прямо пропорционально величине RC. Увеличение RC вдвое вызывает такое же увеличение выдержкн. Еслн время выдержкн изменять при помощи потенциометра с линейной завнсимостью сопротивления от угла поворота, то получается линейная шкала выдержек. При постоянном RC время выдержки зависит также от коэффициента k. Чем больше k, тем выдержка меньше. Физнчески это означает, что конденсатор заряжается до меньшего напряжения.

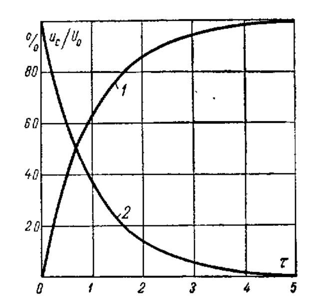


Рис. 2. График изменения напряжения на конденсаторе при заряде (кривая *1*) и разряде (кривая *2*) в зависимости от времени.

Изменение выдержки осуществляется обычно двумя способами: изменением зарядного сопротивления и изменением зарядного напряжения. Второй способ дает меньший диапазон регулировок, чем первый, н применяется обычно в сочетанни с ннм.

Поскольку напряжение на конденсаторе за время горения газоразрядного прибора не успевает уменьшиться до нуля, то к началу нового цикла конденсатор разряжается при помощн специальных контактов. В исходное состояние схема возвращается автоматическн илн вручную.

Различные практические конструкцнн реле времени на газоразрядных прнборах отлнчаются в основном тнпами примененных газоразрядных приборов, количеством электромеханических реле, способами запуска для начала отсчета времени н установкн интервалов времени между замыканием пускового контакта и срабатыванием реле, а также способами возврата схемы в исходное состояние.

СТАБИЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

При постоянных величинах R и C зарядной цепи время выдержки определяется коэффициентом k. Изменение напряжения источника питания или потенциала зажигания ведет к изменению k и, следовательно, к изменению выдержки.

Рассмотрим, как изменяется величина выдержки при изменении напряжения источника питания. Удобнее рассматривать относительное изменение выдержки в процентах, равное $\Delta T/T$, при относительном изменении напряжения питания $\Delta U_0/U_0$. Величина относительного изменения выдержки не зависит от значения RC, а определяется только значениями $\Delta U_0/U_0$ и k.

Для расчетов следует пользоваться графиком, приведенным на рис. 3. График построен для шести значений k. Как видно из графика, изменение выдержки всегда противоположно по знаку изменению напряжения питания. Также видно, что уменьшение напряжения питания вызывает бóльшие изменения времени выдержки, чем увеличение напряжения питания (при любом k). Например, при $k=2$ уменьшение напряжения питания на 20% ($\Delta U_0/U_0=-20\%$) увеличивает время выдержки на 40%, а увеличение напряжения питания на 20% уменьшает выдержку только на 22%.

При одном и том же изменении напряжения питания изменения выдержки будут различны в зависимости от коэффициента k. Чем больше k, тем меньше будет изменяться выдержка. Например, при $\Delta U_0/U_0=-20\%$ время выдержки увеличивается на 63% при $k=1,5$, а при $k=4$ выдержка увеличивается только на 32%, т. е. вдвое меньше.

При значениях k, близких к единице, даже небольшие изменения напряжения питания вызывают значительные изменения выдержки. Например, при $k=1,2$ уменьшение напряжения питания на 8% увеличивает время выдержки в 2 раза. При дальнейшем понижении напряжения питания реле времени совсем не сработает. Уменьшение стабильности при уменьшении k объясняется тем, что точка реагирования в этом случае лежит на пологом участке зарядной кривой (рис. 2) и небольшие изменения напряжения питания вызывают значительное изменение выдержки. Чем прямолинейнее участок зарядной кривой, на котором лежит точка реагирования, тем стабильность выше. Наибольшая стабильность получается при линейном возрастании напряжения на конденсаторе. Линейный участок зарядной кривой равен 30—50% от напряжения источника питания, что соответствует $k\approx2,0\div4$.

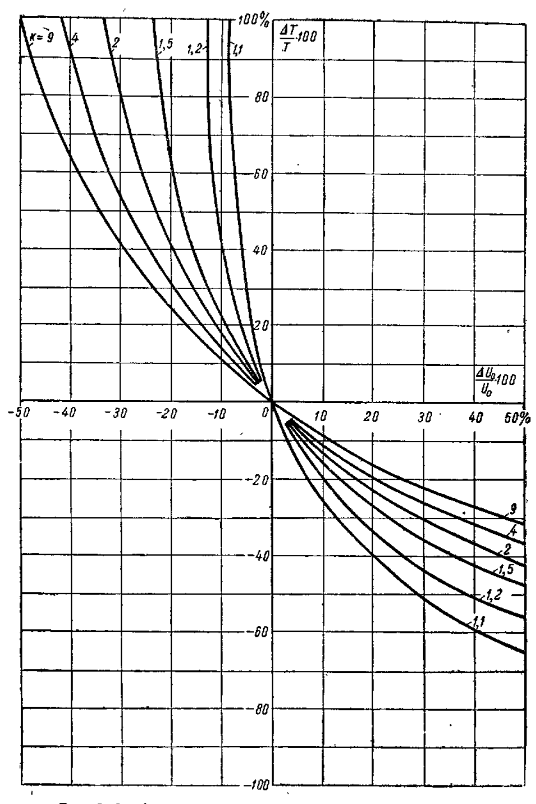


Рис. 3. График для расчета стабильности реле времени с газоразрядными приборами.

Следует отметить, что увеличение k выше 4 уже мало сказывается на повышении стабильности, поскольку точка реагирования в этом случае лежит на прямолинейном участке зарядной кривой. При любом значении k стабильность схемы не может быть выше стабильности источников питания.

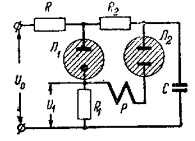


Рис. 4. Схема повышения стабильности реле времени.

Рассмотрим методы повышения стабильности схем реле времени на газоразрядных приборах. Так как нестабильность работы реле времени определяется в основном нестабильностью источников питания, то, применив стабилизацию последних, работу реле времени можно значительно улучшить.

Для этого чаще всего используются обычные схемы со стабилитроном. Включение стабилитрона уменьшает колебания напряжения источников питания в K раз, где K — коэффициент стабилизации, лежащий в пределах 8—20. Во столько же раз улучшается стабильность реле времени. Коэффициент K можно определить по формуле

$$K = \frac{RU_{cm}}{U_0 R_\partial},$$

где R — добавочное сопротивление в схеме стабилизатора, *ом*;

U_{cm} — стабилизированное напряжение, *в*;

U_0 — напряжение источника питания, *в*;

R_∂ — динамическое сопротивление стабилитрона, *ом*.

Величина динамического сопротивления стабилитрона лежит в пределах 100—200 *ом*. Чем выше R_∂, тем ниже K.

Стабильность выдержки можно повысить, если вместо обычной применить схему, изображенную на рис. 4. В этом случае последовательно с газоразрядным прибором $Л_2$ включено напряжение U_1, что равносильно изменению потенциала зажигания прибора. Если, например, напряжение питания увеличится, то увеличится и потенциал зажигания, так как увеличится U_1. Поэтому величина k, а следовательно и выдержка, изменится меньше, чем обычно.

ВЫБОР *R* и *C*

Влияние утечек не позволяет применять зарядные сопротивления более 5—10 *Мом* и конденсаторы более 10—20 *мкф*.

Чем чувствительнее применено электромагнитное реле, тем меньше может быть емкость зарядного конденсатора. Приближенно можно считать, что на 1 *ма* тока срабатывания примененного реле требуется 1 *мкф* емкости зарядного конденсатора.

При выборе типа конденсатора большое внимание следует обращать на сопротивление его изоляции. Если сопротивление изоляции невелико, то одновременно с зарядом конденсатора будет происходить его разряд и время выдержки увеличится по сравнению со временем, определенным по формуле (1). Чем меньше сопротивление изоляции, тем больше эта разница. Наличие сопротивления изоляции сильнее сказывается при больших величинах зарядных сопротивлений, т. е. больших выдержках, поскольку сопротивление изоляции становится соизмеримым с зарядным сопротивлением.

Кроме удлинения времени выдержки, наличие сопротивления изоляции приводит к тому, что нарушается линейная зависимость между выдержкой и постоянной времени зарядной цепи. Ухудшается также стабильность выдержки, так как сопротивление изоляции конденсатора зависит от температуры, влажности, приложенного напряжения и т. д.

Поэтому следует применять бумажные конденсаторы типов КБГ, МБГП и т. п. Электролитические конденсаторы, имеющие низкую изоляцию (сопротивление 0,2—0,5 *Мом*), можно применять только для малостабильных реле времени. Чем выше рабочее напряжение конденсатора, тем лучше его изоляция. Поскольку время выдержки определяется величинами R и C зарядной цепи, то изменение их ведет к изменению выдержки. Время выдержки можно записать как

$$T = \alpha RC, \text{ где } \alpha = \ln \frac{U_0}{U_0 - U_з}.$$

Пусть величины R и C изменятся на $p\%$, тогда выдержка будет равна:

$$T + \Delta T = \alpha R(1 \pm p) C (1 \pm p).$$

Анализ этого выражения показывает, что наибольшее изменение выдержки будет, если R и C изменяются в одну сторону, и равно $2p$. Например, при $p = 10\%$ выдержка изменится на 20%. Наименьшее изменение выдержки получается, когда отклонения R и C имеют одинаковую величину и разные знаки. В этом случае при $p = 10\%$ выдержка изменится всего на 1%, при $p = 20\%$ — на 4% и т. д. Поэтому для реле времени, к стабильности которого предъявляются высокие требования, необходимо применять высокостабильные сопротивления и конденсаторы.

Следует отметить, что электролитические конденсаторы имеют значительную зависимость емкости от температуры. Так, для конденсаторов типа КЭ-1 при изменении температуры от +10 до +40° С емкость изменяется на 10%.

ВЫБОР ГАЗОРАЗРЯДНОГО ПРИБОРА И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЕ

Основными параметрами газоразрядных приборов с точки зрения применения их в реле времени являются потенциал зажигания $U_з$, потенциал погасания $U_п$ и максимально допустимый ток.

Значение потенциала зажигания определяет в основном время выдержки реле времени.

Нужно отметить, что потенциал зажигания газоразрядного прибора изменяется на ±5%. После формовки газоразрядного прибора постоянным напряжением эти изменения можно значительно уменьшить. Формовка заключается в том, что газоразрядный прибор через ограничительное сопротивление подключают к источнику постоянного напряжения (большего, чем потенциал зажигания) на 70—100 *ч*.

Большое значение имеет разность потенциалов зажигания и погасания газоразрядного прибора. Чем больше эта разность, тем длительнее будет разрядный ток конденсатора выдержки через обмотку реле (при одном и том же значении этого конденсатора). Амплитуда этого тока определяется потенциалом зажигания и сопротивлением обмотки реле. Чем выше потенциал зажигания и меньше сопротивление обмотки, тем больше ток разряда, тем грубее может быть применено электромагнитное реле. Поскольку разрядный ток протекает в течение очень небольшого времени, то он может в десятки раз превышать нормальное значение тока через газоразрядный прибор без опасности его разрушения.

В реле времени на газоразрядных приборах применяются стандартные нейтральные или поляризованные электромагнитные реле постоянного тока. Желательно применять возможно более чувствительные реле, с током срабатывания не более 10—15 *ма*.

РАСЧЕТ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ НА ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ПРИБОРАХ

Расчет производится по графику, приведенному на рис. 3. Для этого необходимо знать время выдрежки и допустимые ее изменения $\Delta T/T$ при заданных колебаниях питающего напряжения $\Delta U_0/U_0$.

Расчет производится в следующем порядке:

1. По графику рис. 3 находим значение k, удовлетворяющее заданным изменениям напряжения питающей сети. Так как значений k может быть несколько, выбираем из них наименьшее, что позволит использовать меньшие значения R и C для получения заданной выдержки.

Таблица 1

Заряд			Разряд		
k	T/RC	Величина заряда, %	k	T/RC	Величина разряда, %
1,02	4,6	99	1,1	0,1	90,48
1,05	3,0	95	1,22	0,2	81,8
1,11	2,3	90	1,35	0,3	74,0
1,15	2,0	86,5	1,5	0,4	67,0
1,25	1,6	79,8	1,83	0,6	54,9
1,33	1,4	75,3	2,0	0,7	49,6
1,43	1,2	69,9	2,22	0,8	44,9
1,58	1,0	63,21	2,46	0,9	40,66
1,68	0,9	59,3	2,72	1,0	36,79
1,82	0,8	55,0	3,3	1,2	30,1
2,0	0,7	50,3	5,0	1,6	20,2
2,22	0,6	45,1	10,0	2,3	10,0
2,54	0,5	39,3	20,0	3,0	5,0
3,09	0,4	32,97	40,0	3,68	2,5
3,86	0,3	25,9	60,0	4,1	1,67
5,5	0,2	18,1	80,0	4,4	1,25
10,5	0,1	9,52	100,0	4,6	1,0

2. Из табл. 1 находим отношение T/RC для найденного k. Отношение T/RC можно также определить по формуле

$$\frac{T}{RC} = \ln \frac{1}{1 - \frac{1}{k}} .$$

Отсюда определяем произведение RC. Если оно получается больше 150—200 *сек*, то расчет следует повторить, выбрав меньшее значение K. Для обеспечения требуемой стабильности может потребоваться стабилизация источников питания. В этом случае найденную по графику величину $\Delta T/T$ следует уменьшить в K раз.

Выбрав емкость конденсатора, определяем необходимую величину сопротивления.

3. Задавшись напряжением питания U_0, находим величину напряжения зажигания

$$U_з = \frac{U_0}{k} .$$

В схемах с полупроводниковыми выпрямителями напряжение U_0 обычно составляет 1,1—1,3 напряжения электросети. Если в схеме используется стабилизатор, то U_0 равно напряжению стабилизации стабилитрона.

Пример расчета. Рассчитать R и C для реле времени с выдержкой T от 1 до 60 *сек*. Изменение напряжения сети 220 *в* на +20% должно изменять выдержку не более чем на ±5%. Выпрямленное напряжение $U_0 = 250$ *в*.

Требуемая стабильность выдержки (±5%) выше, чем стабильность напряжения сети (±20%), поэтому применяем стабилизацию напряжения питания, выбрав стабилитрон типа СГ4С.

Задавшись током нагрузки $I_н = 15$ *ма* и током через стабилитрон $I_{ст} = 10$ *ма*, находим величину добавочного сопротивления $R_д$ по формуле

$$R = \frac{U_0 - U_{ст}}{I_н + I_{ст}} = \frac{250 - 150}{(10 + 15)10^{-3}} = 4\,000 \text{ ом}.$$

Затем определяем коэффициент стабилизации

$$K = \frac{RU_{ст}}{U_0 R_д} = \frac{4\,000 \cdot 150}{250 \cdot 200} = 12.$$

Следовательно, напряжение на выходе стабилизатора будет изменяться на

$$\left(\frac{\Delta U_0}{U_0}\right)_{ст} = \pm\frac{20}{12} = \pm 1{,}7\% \approx \pm 2\%.$$

Из графика (рис. 3) видно, что нестабильности ±2% удовлетворяют все значения k.

Берем наименьшее значение k, равное 1,1.

Из табл. 1 находим, что для $k = 1{,}1$

$$\frac{T}{RC} = 2{,}4,$$

откуда

$$RC = \frac{T}{2{,}4} = \frac{60}{2{,}4} = 2{,}5 \text{ сек}.$$

Задавшись значением емкости 20 *мкф*, находим:

$$R = \frac{25}{20} = 1{,}25 \text{ Мом}.$$

Затем определяем:

$$U_з = \frac{U_{ст}}{k} = \frac{150}{1{,}1} = 36 \text{ в}.$$

Такое значение $U_з$ имеют стабилитроны типа СГ3С.

Расчет выпрямителя производится обычными методами. Фильтр выпрямителя состоит обычно из одного конденсатора емкостью 10—20 *мкф*.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С ЭЛЕКТРОННЫМИ ЛАМПАМИ И ТИРАТРОНАМИ

Применение электронных ламп позволяет создать более совершенные реле времени, чем реле с газоразрядными приборами. Ламповые реле времени имеют больший диапазон выдержек, более стабильны, допускают возможность применения менее чувствительных электромагнитных реле и конденсаторов малой емкости.

Наличие нити накала у ламп усложняет реле времени, так как при питании от сети переменного тока приходится применять трансформаторы или добавочные сопротивления, а при питании от батарей иметь отдельные батареи накала.

Ламповые реле времени применяются там, где требуется высокая точность отсчета времени (например, при проведении научно-исследовательских работ и экспериментов). Они позволяют конструировать комбинированные устройства (например, автоматический экспонометр для фотопечати).

УСТРОЙСТВО ЛАМПОВЫХ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Принципиальная схема наиболее распространенного типа реле времени показана на рис. 5,*а*.

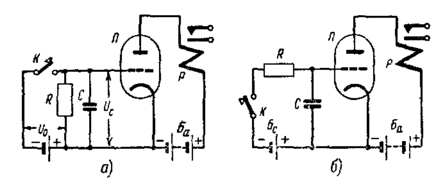


Рис. 5. Принципиальные схемы ламповых реле времени.

Здесь в исходном состоянии лампа *Л* заперта напряжением U_0. Выдержка начинается при размыкании ключа *К*. Конденсатор *С* начнет разряжаться через сопротивление *R*. При этом напряжение U_c на сетке лампы, определяемое зарядом конденсатора *С*, будет убывать по закону

$$U_c = U_0 e^{-\frac{t}{RC}},$$

где U_0 — начальное напряжение на сетке лампы, *в*.

Электромагнитное реле P, включенное в анодную цепь лампы, сработает, когда анодный ток возрастет до величины тока срабатывания реле.

Время между размыканием ключа и срабатыванием реле и есть время выдержки. Оно может быть рассчитано по формуле

$$T = RC \ln k, \qquad (2)$$

где $k = U_0/U_p$;

U_p — напряжение на сетке лампы, при котором срабатывает реле (напряжение реагирования).

Это время прямо пропорционально постоянной времени цепи RC и зависит от коэффициента k. Чем больше k, тем больше выдержка при тех же R и C. Увеличение k означает, что конденсатор разряжается до меньшего напряжения.

Схема реле времени, показанная на рис. 5,*б*, менее распространена. Здесь выдержка начинается при замыкании ключа K. Конденсатор C заряжается от батареи $Б_c$ через сопротивление R. Отрицательное смещение на сетке лампы начнет возрастать, а анодный ток лампы будет убывать. Когда анодный ток достигнет значения тока отпускания электромагнитного реле, якорь последнего отпадает и выдержка закончится. Величина выдержки может быть определена по формуле (1).

В практических схемах реле времени роль сеточной батареи $Б_c$ обычно выполняет источник анодного напряжения $Б_a$, что достигается применением соответствующей коммутации. В этих схемах используются обычные приемно-усилительные лампы, чаще всего триоды или пентоды в триодном соединении. Пентоды применяются в более сложных схемах с использованием различных обратных связей.

Применение триодов объясняется тем, что в этом случае достигается лучшее согласование внутреннего сопротивления лампы с нагрузкой. Оптимальным режимом работы электронной лампы является случай равенства сопротивления нагрузки и внутреннего сопротивления лампы. Сопротивление обмоток электромагнитных реле редко превышает значение 10—15 *ком*, поэтому согласование облегчается при использовании триодов, имеющих тот же порядок внутренних сопротивлений. Кроме того, реле времени на триодах имеют большую стабильность, чем на пентодах.

Для повышения стабильности следует применять лампы с более короткой сеточной характеристикой. Электронные лампы, применяемые в схемах реле времени, должны иметь

высокую изоляцию и не иметь газа внутри лампы. Обратный ток сетки должен быть, по возможности, минимальным.

Роль исполнительных механизмов выполняют стандартные электромагнитные реле массового производства, например нейтральные реле типов КДР, РКМ, РСМ или поляризованные реле типов РП-4, ТРМ и т. д.

СТАБИЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Нестабильность выдержки реле времени на электронных лампах объясняется непостоянством питающих напряжений, изменением параметров ламп и электромагнитных реле со временем, а также влиянием дестабилизирующих факторов разного рода.

Рассмотрим, как изменяется выдержка при изменении питающих напряжений. Изменение анодного напряжения вызывает смещение характеристики лампы. В этом случае анодному току, при котором срабатывает электромагнитное реле, будет соответствовать другое напряжение на сетке лампы (рис. 6).

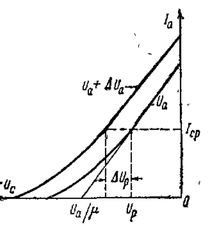


Рис. 6. Зависимость тока срабатывания I_{cp} от напряжения на сетке лампы.

Точку реагирования на сеточной характеристике лампы можно выбрать так, что изменение зарядного напряжения будет скомпенсировано изменением напряжения реагирования. Анализ показывает, что изменение выдержки будет теоретически равно нулю, если напряжение реагирования выбрать равным $U_p = U_a/\mu$. Это напряжение называется оптимальным напряжением реагирования. Практически выдержка будет все же изменяться, так как в приведенных рассуждениях мы не учитывали изменения напряжения накала.

Оптимальное напряжение реагирования может быть определено по сеточной характеристике лампы. Физически оно характеризует напряжение запирания лампы при линейной аппроксимации ламповой характеристики (рис. 6).

Поскольку величина ΔU_p определяется, кроме U_a, еще значением коэффициента усиления лампы μ, то изменение выдержки также зависит от μ.

Следует отметить, что в практических схемах напряжение реагирования редко выбирают равным оптимальному,

так как оно соответствует малым значениям анодного тока лампы, что требует использования чувствительного электромагнитного реле. Для практических расчетов стабильности выдержки реле времени можно пользоваться графиком, приведенным на рис. 7. По нему можно определить относительное изменение выдержки $\Delta T/T\%$ от относительного изменения анодного напряжения $\Delta U_a/U_a\%$ при различных значениях коэффициента усиления лампы μ и коэффициента k.

Из графика следует, что относительное изменение выдержки не зависит от RC зарядной цепи, а определяется величинами k и μ. При $k=\mu$ выдержка не изменяется при изменении анодного напряжения; это соответствует случаю оптимального напряжения реагирования.

При напряжении реагирования, меньшем оптимального ($k>\mu$), повышение напряжения питания ведет к уменьшению, а при большем ($k<\mu$) — к увеличению выдержки.

Как видно из графика, уменьшение напряжения питания вызывает бо́льшие изменения выдержки, чем его увеличение. Так, при $\mu=50$ и $k=20$ повышение U_0 на 20% увеличивает выдержку на 3,4%, а понижение U_0 на 20% уменьшает выдержку на 4,6%.

График рис. 7 построен для μ со значениями 25, 50 и 100 и для k со значениями 20, 40, 60, 80 и 100. При других значениях μ и k величину относительного изменения выдержки можно также определить по графику, но приближенно.

Питание реле времени может быть осуществлено непосредственно от переменного тока (без выпрямителя). Анодный ток через лампу будет протекать в этом случае только во время положительного полупериода анодного напряжения. Реле будет реагировать на действующее значение этого тока, но его контакты будут вибрировать и обгорать. Включение шунтирующего конденсатора (5—10 *мкф*) позволяет устранить вибрацию якоря. Заряжаясь во время положительного полупериода, конденсатор поддерживает напряжение на реле практически постоянным.

Расчет реле времени при полном питании переменным током ведется так же, как и при питании постоянным током. Однако при построении динамической характеристики на оси следует откладывать амплитудное значение анодного напряжения. Ток срабатывания в этом случае будет равен амплитуде анодного тока. Если же анодное реле не

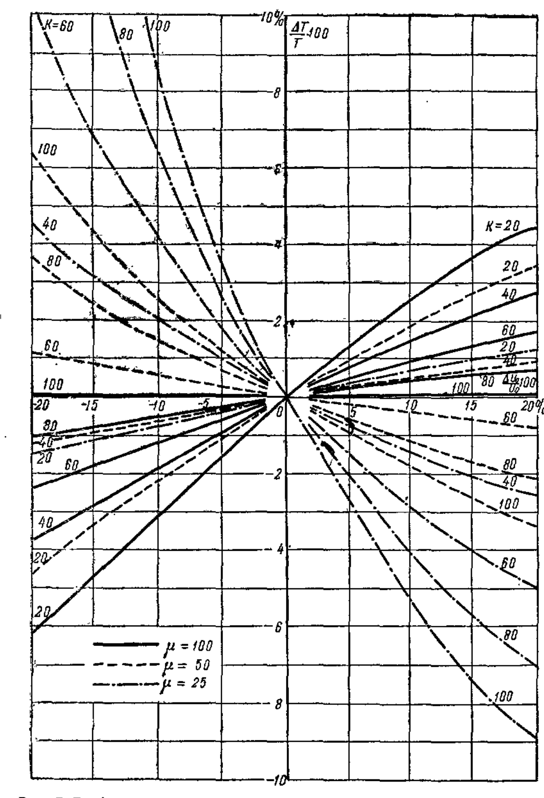


Рис. 7. График для расчета стабильности реле времени с электронными лампами.

шунтировано конденсатором, то амплитуда импульса анодного тока должна быть в 3—3,6 раза больше тока срабатывания реле. Для устранения дребезжания якоря следует применять электромагнитное реле с большим временем отпускания. Все сказанное выше о стабильности выдержки целиком относится и к реле времени с питанием от переменного тока.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ НА ТИРАТРОНАХ

Большинство реле времени на тиратронах собирается по схеме, показанной на рис. 5,*а*. Питание анодной цепи тиратрона почти во всех случаях осуществляется непосредственно от сети переменного тока.

Расчет времени выдержки тиратронного реле времени производится по формуле (2). Напряжение $U_р$ определяется по пусковой характеристике тиратрона.

Стабильность тиратронных реле времени обычно несколько ниже стабильности реле времени на электронных лампах, но она вполне достаточна для большинства практических применений. Меньшая стабильность объясняется тем, что даже при неизменных анодном и накальном напряжениях зажигание тиратрона происходит при различных напряжениях на сетке (пусковая характеристика тиратрона представляет собой не линию, а некоторую область, называемую пусковой областью тиратрона). Нестабильность реле времени на тиратронах лучше определять опытным путем.

Все сказанное выше о выборе *R* и *C* зарядной цепи целиком относится к реле времени на тиратронах. При выборе электромагнитного реле следует иметь в виду, что величина тока через проводящий тиратрон не зависит от напряжения на его сетке, а определяется напряжением питания и сопротивлением в анодной цепи. Поэтому возможно применение электромагнитных реле с током срабатывания до 50—100 *ма*.

ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ

С целью повышения стабильности ламповых реле времени напряжение реагирования желательно выбирать на крутом участке разрядной кривой конденсатора, т. е. реле должно срабатывать при больших отрицательных напряжениях на сетке лампы. Однако это требует применения чувствительных электромагнитных реле или увеличения числа ламп.

Одна из схем, позволяющая устранить эту трудность, приведена на рис. 8. Здесь в цепь сетки лампы *Л* последовательно с разрядной цепью вводится источник постоянного напряжения $U_к$, называемого напряжением компенсации. Напряжение между катодом и сеткой лампы всегда меньше напряжения на конденсаторе *C* на величину компенсирующего напряжения. Поэтому напряжение реагирования можно выбрать достаточно малым (даже равным нулю) и применить электромагнитное реле с большим

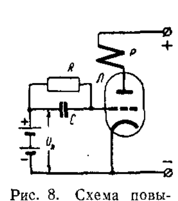


Рис. 8. Схема повышения стабильности реле времени.

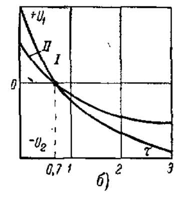


Рис. 9. Разрядная цепь.
а — схема разрядной цепи; *б* — график, поясняющий работу цепи.

током срабатывания. Пусть, например, $U_к = 30$ *в*, а $U_п = -1$ *в*; тогда реле сработает при напряжении на конденсаторе, равном —31 *в*.

Напряжение компенсации выбирают обычно не более 0,1—0,2 анодного напряжения, так как увеличение $U_к$ ведет к уменьшению выдержки (при тех же значениях *R* и *C*).

Повысить стабильность реле времени можно и применением особого включения разрядной цепи. Одна из схем разрядной цепи приведена на рис. 9,*а*.

Здесь в исходном положении конденсатор *C* заряжен до напряжения U_1. После переброса переключателя *П* в положение 2 конденсатор начнет перезаряжаться от батареи U_2. Напряжение на конденсаторе уменьшится до нуля за время, равное 0,7 τ (кривая *I* на рис. 9,*б*), а не 4,6 τ, как обычно, так как перезаряд конденсатора эквивалентен разряду до половины начального напряжения. Время разряда конденсатора до нуля не изменяется при изменении напряжений U_1 и U_2 в очень широких пределах (кривая *II* на рис. 9,*б*). Необходимо только, чтобы U_1 все

время было равно U_2. Применение такой схемы позволяет создать реле времени очень высокой стабильности.

Высокой стабильностью обладают схемы реле времени, у которых напряжение на конденсаторе возрастает по линейному закону. Это возможно при заряде конденсатора постоянным по величине током. Такие схемы широко используются в генераторах развертки. Применение их эквивалентно либо увеличению постоянной времени зарядной цепи, либо заряду от источника с напряжением, много бо́льшим напряжения питания. В обоих случаях это дает линейное нарастание напряжения на конденсаторе.

Рассмотрим наиболее распространенные схемы.

Схема с лампой постоянного тока. В этом случае заряд конденсатора производится через электронную лампу (чаще всего пентод), работающую на пологом участке анодной характеристики (рис. 10,*а*).

Применение лампы постоянного тока эквивалентно заряду конденсатора от источника с большим напряжением, чем напряжение анодного питания. Поэтому заряд до 0,7—0,85 напряжения анодного питания происходит по линейному закону, так как используется лишь небольшой участок эквивалентной зарядной кривой.

Схема с отрицательной обратной связью по току. Если сопротивление $R_к$ в катоде лампы не шунтировано конденсатором, то возникает отрицательная обратная связь по току (рис. 10,*б*). Сопротивление между анодом лампы и «землей» при этом сильно возрастает. Например, для

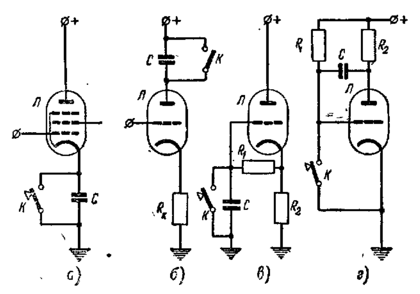


Рис. 10. Схемы реле времени с применением обратных связей.

лампы типа 6Н2П при $R_к = 100$ *ком* это сопротивление равно 10,1 *Мом*.

Кроме того, введение отрицательной обратной связи стабилизирует величину анодного тока лампы при изменении напряжения источников питания и при смене ламп.

Схема со следящей лампой. Для получения линейного напряжения на конденсаторе C напряжение на зарядном сопротивлении R_1 должно быть постоянным. Это достигается применением положительной обратной связи (рис. 10,*в*).

Конденсатор C заряжается через сопротивление R_1 напряжением, созданным током лампы $Л$ на сопротивлении R_2. По мере заряда конденсатора напряжение на сетке лампы становится более положительным, что приводит к увеличению тока через лампу и повышению падения напряжения на сопротивлении R_2. Благодаря применению катодного повторителя напряжение на катоде лампы все время остается почти равным напряжению на сетке, т. е. падение напряжения на сопротивлении R_1 остается постоянным. Действие положительной обратной связи равносильно заряду конденсатора через сопротивление много большее, чем R_1.

Интегрирующие схемы. Основная схема такого типа приведена на рис. 10,*г*. Включение конденсатора C между анодом и управляющей сеткой лампы $Л$ создает отрицательную обратную связь. Это эквивалентно включению между управляющей сеткой и катодом емкости $C_э$, определяемой по формуле

$$C_э = C(1 + K),$$

где K — коэффициент усиления каскада.

Емкость $C_э$ практически много больше C. Например, при $C = 1$ *мкф* и $K = 100$ емкость $C_э = 101$ *мкф*.

Основное преимущество рассмотренных здесь схем заключается в том, что они позволяют при небольших значениях R и C зарядной цепи получить длительные и стабильные выдержки.

РАСЧЕТ ЛАМПОВЫХ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Наиболее простым и вместе с тем достаточно точным является графоаналитический метод расчета.

Для расчета реле времени необходимо задаться величиной максимальной выдержки и процентным изменением ее при заданных колебаниях напряжения сети.

Перед расчетом нужно выбрать схему, применение которой наиболее целесообразно в заданных условиях. Расчет ведется в следующем порядке.

1. В зависимости от величины тока и напряжения нагрузки и ее характера (активная, реактивная и т. д.) подбирают подходящее реле. Если этим условиям удовлетворяет несколько типов реле, то берут реле с меньшим током срабатывания.

Для расчета необходимо знать ток срабатывания I_{cp}, ток отпускания I_{omn} и сопротивление обмотки R_o реле.

2. По табл. 2 подбирают электронную лампу с номинальным анодным током, большим, чем ток срабатывания электромагнитного реле.

Таблица 2

Лампа	$U_н$, *в*	$I_н$, *а*	U_a, *в*	I_a, *ма*	*S*, *ма/в*	μ	R_i, *ком*
6Н8С[1]	6,3	0,6	250	15	2,6	20	7,8
6Н9С[1]	6,3	0,3	250	6	1,6	70	44
6Н1П[1]	6,3	0,6	250	40	3,2	35	11
6Н2П[1]	6,3	0,345	250	6	2	97	48
6Н7С[1]	6,3	0,81	250	15	3,2	35	11
6Н5С[1]	6,3	2,5	100	240	6,7	3	0,46
6К7[2]	6,3	0,3	250	18	1,3	8	6,3

[1] Для одного триода. [2] Для триодного включения. Величина анодного тока ламп дана при напряжении на первой сетке, равном нулю.

3. Выбирают величину напряжения U_a так, чтобы анодный ток лампы при $U_c = 0$ был в 1,5—2 раза больше тока срабатывания реле.

4. На оси U_a семейства анодных характеристик лампы (рис. 11) откладывают значение выбранного U_a и из этой точки проводят нагрузочную характеристику. На оси I_a откладывают значение тока I_{cp} и проводят прямую (параллельную оси U_a) до пересечения ее с нагрузочной характеристикой (точка *A*). Из характеристики находят напряжение на сетке (U_{c2}), при котором анодный ток равен I_{cp}.

5. Рассчитывают величины *RC* и U_0. Для этого, исходя из требуемой стабильности, по графику рис. 7 выбирают значение *k*. Затем находят величину зарядного напряжения $U_0 = kU_{c2}$. По найденному значению *k* определяют из табл. 1

или по формуле $\frac{T}{RC} = \ln k$ отношение $\frac{T}{RC}$, из которого находят величину *RC*.

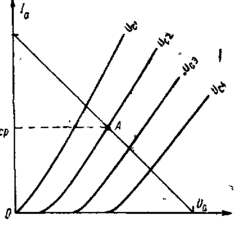


Рис. 11. Построение нагрузочной характеристики.

Задавшись значением емкости конденсатора *C*, находят величину зарядного сопротивления *R*.

Пример расчета. Рассчитать реле времени, у которого при изменении напряжения питания на ±10% выдержка должна изменяться не более чем на ±1%. Выбрано электромагнитное реле типа РС-13 с током срабатывания $I_{cp} = 8$ *ма* и сопротивлением обмотки $R_o = 6\,500$ *ом*. Максимальное время выдержки $T = 20$ *сек*.

По табл. 2 подбираем лампу с анодным током более 8 *ма*, например 6Н8С с $R_i = 8$ *ком* и $\mu = 20$. Напряжение питания U_a выбираем равным 250 *в*.

Строим нагрузочную характеристику (рис. 12) и из нее находим напряжение реагирования $U_c = -6$ *в*. По графику рис. 7 находим,

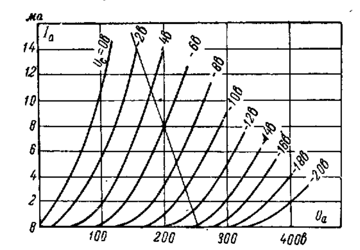


Рис. 12. Построение нагрузочной характеристики для лампы 6Н8С.

что при $\mu = 20$ требуемая стабильность будет обеспечена при $k = 20$.

Затем находим $U_0 = U_c \cdot k = 6 \cdot 20 = 120$ *в*.

Из табл. 1 для $k = 220$ находим $\frac{T}{RC} = 3{,}0$, откуда $RC = \frac{20}{3{,}0} = 6{,}67$ *сек*.

Задавшись емкостью конденсатора $C = 3$ *мкф*, находим $R = \frac{RC}{C} = \frac{6{,}67}{3} = 2{,}2$ *Мом*.

ПРАКТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

ПРОСТОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Реле времени, схема которого приведеиа на рис. 13, было разработано для автоматического отсчета временн при фотопечати.

Рассмотрим кратко работу этого устройства. При замыкаиии кнопки K срабатывает реле P. Контакты *2* и *3* включают в электросеть лампу фотоувеличнтеля $Л_1$, а контакты *1* и *2* размыкаются (после срабатывания реле кнопку можно отпустить, так как она блокируется контактами *2* и *3*). Конденсатор C_2 начинает заряжаться через сопротивление R_1 и R_2. Когда напряжение на нем станет равным потенциалу зажигания неоновой лампы $Л_2$, последняя вспыхивает и конденсатор разряжается через эту лампу и обмотку реле P. Ток разряда конденсатора C_2 направлен навстречу протекающему через обмстку току, поэтому магнитное поле реле, определяемое разностью этих токов, ослабевает, якорь реле отпадает, и контакты *2* и *3* отключают реле времени от электросети, а контакты *1* и *2* разряжают коиденсатор C_2 через обмотку реле. Величина выдержкн плавно регулируется сопротивлением R_2. При указанных на схеме величинах интервал выдержек равен 0,5—30 *сек*.

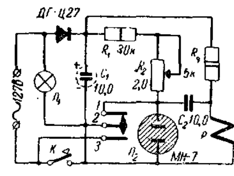


Рис. 13. Схема простого реле времени.

Налаживание схемы сводится лишь к подбору сопротивления R_3. Величина этого сопротивления, зависящая от сопротивления обмотки R_o и тока срабатывания реле I_{cp}, может быть подсчитана по формуле

$$R_3 = \frac{0,8U_{C1}}{I_{cp}} - R_o,$$

где U_{C1} — напряжение на конденсаторе C_1.

В данной конструкции применено электромагнитное реле типа РСМ-2 с током срабатывания 20 *ма* и сопротивлением обмотки 750 *ом*. Возможно также применение и другого любого реле с током срабатывания не более 20 *ма*.

Неоновую лампу типа МН-7 можно заменить двумя последовательно включечными лампами типа МН-3. Электролитический конденсатор C_1 должен быть взят на рабочее напряжение не менее 450 *в*. Конденсатор C_2 применен бумажный, типа МБГП иа рабочее напряжение 200 *в*.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРОВ

Включениию высокого напряжения на аноды газотроиного выпрямителя должен предшествовать предварительный прогрев нитей накала его ламп. Несоблюдение этого правила ведет к порче газотронов. Описываемое реле времени исключает возможность включения высокого напряжения на аноды газотронов до истечения срока, необходимого для прогрева нитей накала.

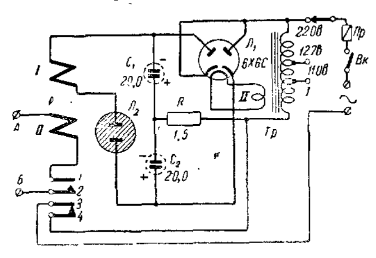


Рис. 14. Схема реле времени для разрядки аккумуляторов.

Длительная эксплуатация газотронного выпрямителя с данным реле времени показала надежность его работы. Задержку между включениями накальных и анодных напряжений можно изменять от 3 до 11 *мин*.

Рассмотрим работу схемы (рис. 14). При включении иа обмотку *I* трансформатора *Тр* через нормально замкнутые контакты *3-4* реле *Р* подается переменное напряжение электросети. Одновременно это напряжение поступает и в цепь питания накала газотронов. После разогрева накала лампы $Л_1$ начинается заряд конденсаторов C_1 и C_2 (заряд конденсатора C_1 происходит при прохождеиии тока

через левый, а C_2 через правый диод). При напряжении на конденсаторах, равном напряжению зажигания газового разрядника $Л_2$, конденсаторы разряжаются через обмотку *I* реле *Р*, которое срабатывает. При этом его контакты *3* и *4* отключают трансформатор *Тр* от электросети. а контакты *1* и *2* включают анодное напряжение на газотроны. Ток нагрузки выпрямителя начинает протекать по обмотке *II* реле *Р* и якорь последнего остается притянутым.

При прекращении подачи на выпрямитель питающего напряжения или отключении нагрузки якорь реле отпадает и схема возвращается в исходное состояние.

Трансформатор *Тр* выполнен на сердечнике из пластин типа Ш-20 при толщине пакета 20 *мм*. Обмотка *I* состоит из 2 640 витков провода ПЭЛ 0,25 с отводами от 1 320-го и 1 524-го витков для включения в сеть с напряжением 110 и 127 *в*, а обмотка *II* — из 60 витков ПЭЛ 0,33 (лампа 6Х6С работает при напряжении накала, равном 5 *в*).

Реле *Р* применено телефонного типа (№ 637 завода «Красная Заря»). Часть витков обмотки этого реле удаляется, а оставшиеся 300 витков используются как обмотка *I*. На освободившееся место наматывается обмотка *II*, число витков которой подбирается так, чтобы реле надежно срабатывало при минимальном токе нагрузки (направление поля обмотки *II* должно совпадать с полем обмотки *I*). Контакты реле должны быть рассчитаны на ток до 3 *а*.

Поскольку от реле времени не требуется высокой стабильности, то конденсаторы C_1 и C_2 могут быть электролитическими (на рабочее напряжение не менее 450 *в*).

Газовый разрядник применен типа РА-460, но его можно заменить разрядниками типа РБ-2 или РА-350.

Величина сопротивления *R* выбирается в зависимости от необходимой выдержки. При указанной на схеме величине $R=1{,}5$ *Мом* реле работает с выдержкой 5,5 *мин*.

ВЫСОКОСТАБИЛЬНОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Реле времени, принципиальная схема которого приведена на рис. 15, было разработано для автоматического отсчета выдержек при фотопечати. Диапазон выдержек от 1 до 128 *сек* можно изменять скачками при помощи переключателя *П* (1, 2, 4, 8, 16, 32 и 64 *сек*) и плавно потенциометром R_9.

Рассмотрим работу схемы. При кратковременном замыкании кнопки *К* напряжение от выпрямителя подается на обмотку *II* реле *Р*, которое срабатывает. При этом контакты *3* и *4* блокируют кнопку, контакты *5* и *6* включают лампу фотоувеличителя $Л_3$, а контакты *1* и *2* размыкают обкладки конденсатора C_1.

В момент, когда напряжение на конденсаторе C_1 достигает напряжения зажигания стабилитрона $Л_1$, конденсатор разряжается через стабилитрон и обмотку *I* реле.

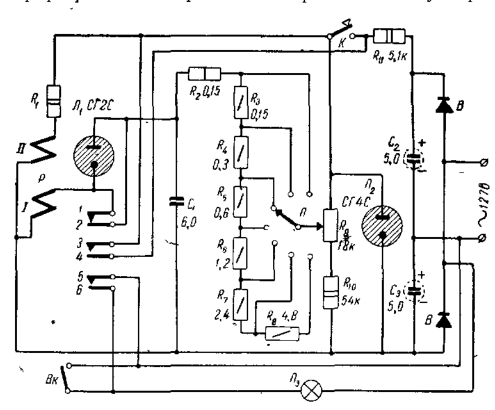


Рис. 15. Схема реле времени высокой стабильности.

Витки обмоток *I* и *II* реле включены навстречу друг другу, поэтому их поля взаимно уничтожаются и якорь реле отпустится, разорвав контактами *3* и *4* цепь выпрямителя, а контактами *5* и *6* цепь лампы фотоувеличителя. К концу выдержки кнопка *К* должна быть отпущена, иначе произойдет повторное включение реле времени. Выключатель *Вк* позволяет включать лампу фотоувеличителя на произвольное время (например, при фокусировке или смене кадров).

Зарядное напряжение стабилизировано стабилитроном $Л_2$. Выпрямитель собран по схеме удвоения напряжения на селеновом столбике *В*.

Потенциометр R_9 желательно применить проволочный, в 10—20 *ком*. Для того чтобы при перемещении его движка выдержка менялась точно в 2 раза, величина сопротивления R_{10} (включенного последовательно с R_9) определяется по формуле

$$R_{10}=3R_9.$$

Селеновый столбик *B* имеет 24 шайбы диаметром 18 *мм* с выводом от середины.

Достоинством описанного реле является то, что энергия от электросети потребляется только во время экспозиции.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С ДВУМЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ РЕЛЕ

Реле времени разработано для фотографии, но его можно применить также для включения напряжения на аноды ламп выпрямителя (передатчика или усилителя).

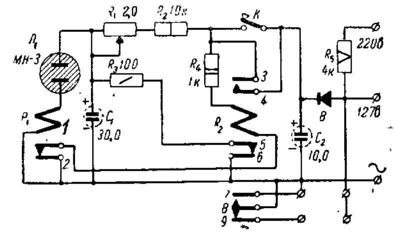


Рис. 16. Схема реле времени с двумя электромагнитными реле.

При замыкании кнопки *К* (рис. 16) срабатывает реле P_2, которое подключается к цепи выпрямителя через сопротивление R_4 и замкнутые контакты *1* и *2* реле P_1. При этом контакты *3* и *4*, а также *7* и *8* замыкаются, а контакты *5* и *6* и *8* и *9* размыкаются, включая или выключая коммутирующую цепь. После этого кнопку отпускают, так как она оказывается заблокированной контактами *3* и *4* реле P_2. Конденсатор C_1 начинает заряжаться через сопротивления R_1 и R_2 от выпрямителя.

После заряда конденсатора C_1 до напряжения зажигания неоновой лампы срабатывает реле P_1, разрывая контактами *1* и *2* цепь питания обмотки реле P_2. Контакты *3* и *4* реле P_2 отключают цепь питания реле времени. Одновременно контакты *7* и *8* размыкаются, а контакты *8* и *9* замыкаются. Конденсатор C_1 разряжается через сопротивление R_3 и замкнутые контакты *5* и *6* реле P_2.

Интервал выдержек данного реле 0,15÷30 *сек*.

В качестве P_2 применено электромагнитное реле типа РС-13, а в качестве P_1 поляризованное реле типа РП-4.

Вместо неоновой лампы МН-3 можно применить лампу типа МН-7. Величина сопротивления R_4 указана приблизительно. Точное значение R_4 можно определить по формуле (см. стр. 26).

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ЗВУКОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Реле времени (рис. 17) предназначено для подачи звукового сигнала через определенное время после замыкания выключателя *Вк*. Это время можно изменять скачками от 0,5 до 2,5 *мин*, через 0,5 *мин* при помощи переключателя *П*.

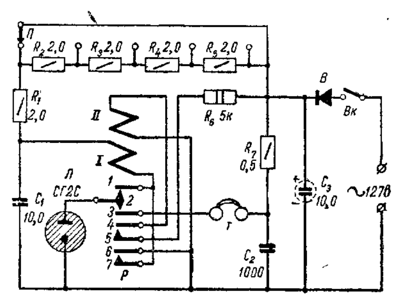


Рис. 17. Схема реле времени для звуковой сигнализации.

После замыкания *Вк* начинается заряд конденсатора C_1 через сопротивления R_1—R_5. Разряд этого конденсатора через обмотку *I* реле *P* и стабилитрон *Л* приводит к следующему. Обмотка *I* реле через контакты *6* и *7* замыкает конденсатор C_1, контакты *4* и *5* подключают обмотку *II* реле к источнику постоянного напряжения и якорь реле остается в притянутом состоянии. Стабилитрон через контакты реле *2* и *3* подключается к телефонным наушникам *Т*, образуя вместе с сопротивлением R_7 и кон-

денсатором C_2 релаксационный генератор звуковой частоты (частота генерации устанавливается подбором сопротивления R_7).

Выключение звуковой сигнализации осуществляется выключателем *Вк*.

Селеновый столбик *В* имеет 10 шайб диаметром 18 *мм*.

Реле *Р* применено такое же, как в реле времени, описанном на стр. 28.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ НА ТИРАТРОНЕ С ХОЛОДНЫМ КАТОДОМ

В схемах реле времени широкое применение находят тиратроны с холодным катодом. Отличительной чертой этих тиратронов является их высокая экономичность по сравнению с обычными тиратронами и электронными лампами. Это объясняется отсутствием нити накала и малым внутренним сопротивлением тиратрона с холодным катодом.

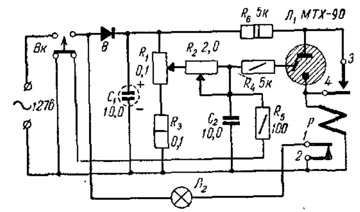


Рис. 18. Схема простейшего реле времени на тиратроне с холодным катодом.

Тиратрон с холодным катодом относится к категории ионных приборов. Устройство его аналогично неоновой лампе и отличается только наличием третьего (стартового) электрода, помещенного между анодом и катодом. Момент зажигания тиратрона определяется потенциалом стартового электрода (при постоянном анодном напряжении).

Схема простейшего реле времени с таким тиратроном приведена на рис. 18.

При замыкании выключателя *Вк* зажигается лампа фотоувеличителя $Л_2$, так как через *Вк* и нормально замкнутые контакты *1* и *2* реле *Р* она оказывается подключенной к электросети.

Одновременно подается постоянное напряжение на анод тиратрона и начинается заряд конденсатора C_2 через сопротивление R_1 и R_2. Контакты *3* и *4* при этом разомкнуты.

Когда напряжение на конденсаторе C_2 достигнет потенциала зажигания тиратрона, конденсатор начнет разряжаться через сопротивление R_4, участок стартовый электрод—катод и обмотку реле *Р*. Это вызовет зажигание тиратрона, от анодного тока которого сработает реле. Его контакты *1* и *2* выключат лампу фотоувеличителя, а контакты *3* и *4* замкнут тиратрон. Сопротивление R_4 служит для ограничения разрядного тока в цепи стартового электрода. После срабатывания реле схему следует отключить от электросети выключателем *Вк*, чтобы избежать лишнего нагрева деталей схемы. При указанных на схеме данных реле времени обеспечивает интервал выдержек от 0,5 до 60 *сек*. Реле *Р* можно применить любого типа на ток срабатывания не более 15—20 *ма*.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ

Реле времени разработано для включения освещения в подъезде или коридоре. Его применение позволяет более экономно расходовать электроэнергию, так как освещение включается только на заранее установленное время, которое может быть выбрано в пределах от 30 *сек* до 10 *мин*.

Для включения освещения нет необходимости включать какие-либо кнопки или выключатели, а достаточно лишь на короткое время коснуться рукой металлического штырька, соединенного со стартовым электродом тиратрона. Прикосновение к стартовому электроду совершенно безопасно, поскольку он не имеет соединения с электросетью. Работу реле времени можно сделать более эффективной, если стартовый электрод тиратрона соединить с металлической ручкой, укрепленной на двери ведущей в коридор или подъезд.

Схема реле времени приведена на рис. 19. В исходном состоянии тиратрон $Л_1$ не проводит, так как напряжение на стартовом электроде равно нулю. Касание стартового электрода *А* рукой вызывает зажигание тиратрона. Последний начинает проводить, реле P_1 срабатывает и его контакты *2*, *3* и *4* включают осветительную лампу $Л_2$.

Одновременно через сопротивление R_1 начинается заряд конденсатора C_2. Когда он зарядится до потенциала зажигания неоновой лампы $Л_3$, последняя зажигается.

Разрядный ток конденсатора C_2 притянет якорь реле P_2, что вызовет размыкание контактов *1* и *2* этого реле, которые разорвут цепь реле P_1. Якорь реле P_1 отойдет и его контакты *2*, *3* и *4* выключат лампу $Л_2$, а контакты *1* и *2* разрядят конденсатор C_2. Схема окажется подготовленной к следующему включению.

Реле P_1 применено телефонного типа с сопротивлением обмотки 2 000 *ом* и током срабатывания около 15 *ма*. Контакты реле должны быть рассчитаны на ток до 1—2 *а*.

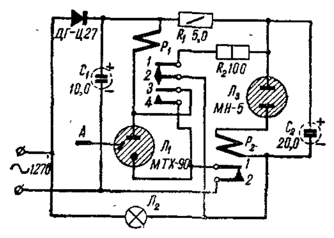


Рис. 19. Схема реле времени для включения освещения.

Реле P_2 можно взять любого типа с током срабатывания не более 5—10 *ма*. Конденсатор C_2 применен электролитический, поскольку стабильность выдержки реле времени не имеет значения. Сопротивление R_1 подбирают при налаживании схемы. Провод (не длиннее 2 *м*), подключенный к стартовому электроду, следует применять с хорошей изоляцией (например, хлорвиниловой).

Схема реле времени потребляет энергию от электросети только во время горения осветительной лампы $Л_2$.

ОДНОЛАМПОВОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Описываемое реле времени предназначено для автоматического отсчета выдержки при фотопечати в пределах 0,5—60 *сек*. Питание его производится непосредственно от электросети без выпрямителя, что удешевляет устройство.

Схема реле времени показана на рис. 20. В исходном состоянии выключатель *Вк* разомкнут и лампа фотоувеличителя $Л_2$ не горит. Переключатель *П* должен находиться при этом в положении *1*. Конденсатор C_1 заряжается через промежуток сетка — катод лампы $Л_1$ и лампу фотоувеличителя $Л_2$.

Выдержка начинается замыканием выключателя *Вк*. При этом лампа $Л_2$ через нормально замкнутые контакты *1* и *2* реле *Р* включается в электросеть. Конденсатор C_1 начинает разряжаться через сопротивления R_1 и R_2. По мере его разряда отрицательный потенциал на сетке лампы $Л_1$ уменьшается и через лампу начинает проходить

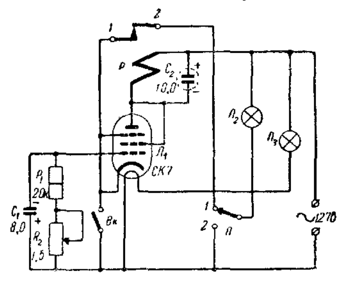


Рис. 20. Схема однолампового реле времени.

ток. Реле *Р* срабатывает и его контакты *1* и *2* разрывают цепь лампы фотоувеличителя.

Для возврата схемы в исходное состояние необходимо разомкнуть выключатель *Вк*.

Питание нити накала лампы $Л_1$ производится через лампу $Л_3$, которая одновременно может использоваться для рабочего освещения лаборатории красным светом. При напряжении электросети 127 *в* необходима лампа на мощность 40, а при 220 *в* — на 60—70 *вт*.

При просмотре кадров или наведении на резкость лампа $Л_2$ может быть включена на длительное время установкой переключателя *П* в положение *2*.

Реле *Р* применено типа РКН (ток срабатывания 15 *ма*).

ЛАБОРАТОРНОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Данное реле времени обладает высокой стабильностью и имеет диапазон выдержек от 0,1 до 100 *сек* через каждые 0,1 *сек*. Его принципиальная схема приведена на рис. 21.

В исходном состоянии лампа $Л_1$ открыта и напряжение на ее управляющей сетке, образующееся на катодном со-

противлении, примерно равно —2 *в*. Якорь реле P_1, включенного в анодную цепь этой лампы, притянут и его контакты *1* и *2* разомкнуты.

Для приведения схемы в действие необходимо предварительно на короткое время нажать кнопку *К*. При этом конденсатор C_1 через сопротивление R_5 зарядится до напряжения 150 *в*. Так как постоянная времени заряда невелика, заряд конденсатора C_1 происходит практически

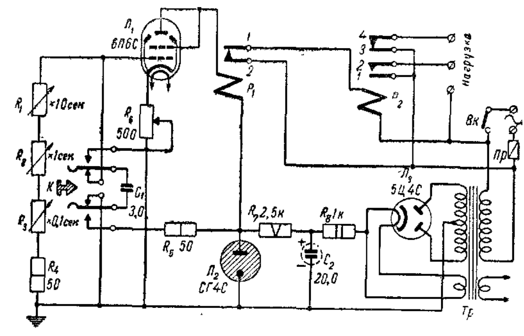


Рис. 21. Схема лабораторного реле времени.

мгновенно. Лампа $Л_1$ в это время проводит и якорь реле P_1 притянут.

Отсчет времени начинается при отпускании кнопки *К*. В этом случае напряжение на конденсаторе C_1 оказывается приложенным между сеткой лампы $Л_1$ и «землей» (минусом на сетке) и лампа запирается. Реле P_1 обесточивается и своими контактами *1* и *2* включает в электросеть обмотку более мощного реле переменного тока P_2, которое включает (контакты *1* и *2*) или выключает (контакты *3* и *4*) цепь нагрузки.

Время выдержки определяется временем разряда конденсатора C_1 через три секции сопротивлений (R_1, R_2 и R_3). Каждая секция состоит из девяти последовательно включенных одинаковых сопротивлений. Для секции, определяющей десятки секунд выдержки, каждое сопротивление равно 1 *Мом*, для единиц секунд — 0,1 *Мом* и для

десятых долей секунды — 0,01 *Мом*. Общая выдержка равна сумме показаний на шкалах этих секций.

Когда напряжение на сетке уменьшится до —5 *в*, реле P_1 сработает и его контакты *1* и *2* отключат реле P_2 от электросети и это реле включит или отключит цепь нагрузки.

Питание реле времени осуществляется от двухполупериодного выпрямителя с кенотроном $Л_3$. Напряжение на выходе выпрямителя стабилизируется стабилитроном $Л_2$.

Переменное сопротивление R_6 в цепи катода лампы $Л_1$ служит для точной установки выдержки при налаживании устройства, а также при смене лампы $Л_1$.

Реле P_1 взято типа РСМ-2, а реле переменного тока P_2 — типа МКУ-48. Контакты реле МКУ-48 рассчитаны на длительное пропускание тока до 5 *а* (допускаемая разрывная мощность до 500 *ва* в цепи переменного тока). Силовой трансформатор *Тр* применен типа ЭЛС-2. Сопротивления секций R_1—R_3 следует подбирать с высокой точностью (не хуже ±2%).

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С УНИВЕРСАЛЬНЫМ ПИТАНИЕМ

Данное реле времени обладает повышенной стабильностью, что достигается особым включением цепи *RC* (см. рис. 8).

Принципиальная схема реле времени приведена на рис. 22. В нем используется лампа с высоковольтной нитью накала, питание которой производится через добавочное сопротивление R_{15}. Для питания анодных цепей служит селеновый выпрямитель *В*.

В положении *1* переключателя $П_1$ конденсатор C_1 заряжен до величины анодного напряжения или части его (в зависимости от положения движка потенциометра R_1). Напряжение на управляющей сетке лампы *Л* равно —10 *в*, так как катод подключен к точке, имеющей потенциал +10 *в*. Величина этого напряжения выбирается такой, чтобы ток через лампу был достаточен для срабатывания реле.

Выдержка начинается переводом переключателя $П_1$ в положение *2*. При этом отрицательная обкладка конденсатора C_1 оказывается подключенной к управляющей сетке лампы, а положительная обкладка подключается к точке *а*, имеющей потенциал +40 *в*. Напряжение на сетке лампы в этом случае складывается из напряжения на конденсаторе C_1, плюс напряжения на сопротивлении R_3 и

напряжения иа сопротивлении R_{14}. Лампа $Л_1$ при этом вакрыта (анодный ток равен нулю). Конденсатор C_1 разряжается через сопротивления R_4—R_{10} (в зависимости от величины выдержки). Срабатывание реле P произойдет при напряжении на сетке —10 *в*. Конденсатор же C_1 разрядится до напряжения —40 *в*.

Скачкообразное изменение выдержки производится переключателем $П_2$. Выдержка при этом равна 10, 20, 30, 40, 50 или 60 *сек*. Плавное изменение выдержки в пределах 1—10 *сек* осуществляется переменным сопротивлением R_5.

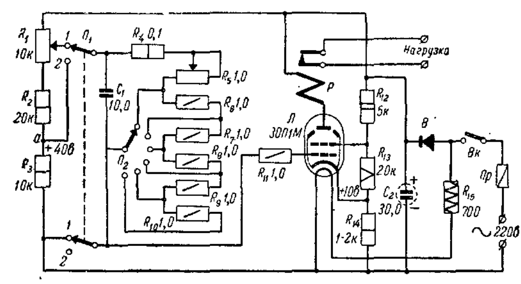


Рис. 22. Схема реле времени с универсальным питанием.

Таким образом, выдержка может быть установлена в пределах от 1 до 60 *сек* через 1 *сек*.

Потенциометром R_1 можно изменять величину зарядного напряжечия или конденсатора C_1, а следовательно, и величину выдержки. Положение движка потенциометра подбирается при регулировке.

Реле P применено на ток срабатывания 20 *ма* с сопротивлением обмоткн 2—5 *ком*. Селеновый выпрямитель B состоит из 20 шайб диаметром 18 *мм*.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ФОТОЭКСПОНОМЕТР

Особенностью описываемого реле времени является то, что время выдержки автоматически регулируется в зависимости от интегральной освещенности площадки, на которую проектируется изображение. То что время выдержки определяется интегральной освещенностью площадки, иесколько ограничивает область применения установки.

Целесообразиее всего ее примеиять там, где предполагается фотопечать с однотипных негативов, например при изготовлении фотокопий чертежей или страниц книг и журиалов. Поскольку контрастность любительских фотоиегативов не очень велика, при помощи даниого автомата можно получить достаточно хорошие любительские художественные фотографии.

При желании установку можио использовать как обычное реле времени, установив переключатель $П_2$ в положе-

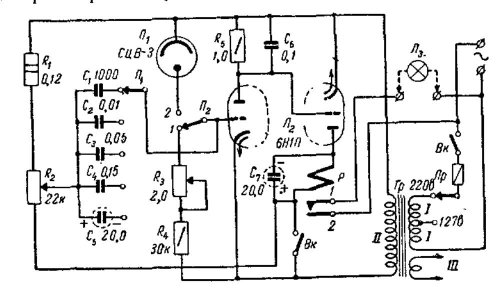


Рис. 23. Схема автоматического фотоэкспонометра.

ние *1* (рис. 23). В этом случае установка работает следующим образом. Когда контакты выключателя *Вк* разомкнуты, лампа увеличигеля $Л_3$ не горит, так как ток через обмотку реле P не проходит и его контакты *1* и *2* разомкнуты. При этом катод левого (по схеме) триода лампы $Л_2$ оказывается подключенным к одному концу повышающей обмотки *II* силового трансформатора *Тр*, а сетка этого триода через один из конденсаторов C_1—C_5 — к другому концу обмотки *II*. Благодаря выпрямляющему действию участка сетка — катод триода конденсатор заряжается до амплитудного значения напряжения на обмотке *II*.

Если теперь замкнуть выключатель *Вк*, то напряжеиие на конденсаторе (C_1—C_5) будет приложено между сеткой и катодом левого триода лампы $Л_2$ и закроет его. Поэтому падение напряжения иа сопротивлении R_5, т. е. смещение на сетку правого триода лампы $Л_2$, равно нулю и анодный ток этого триода вызовет срабатывание реле P, которое своими контактами *1* и *2* включит лампу увеличителя.

По мере разряда конденсатора (C_1—C_5) через сопротивления R_3 и R_4 будет уменьшаться отрицательное смещение на сетке левого триода лампы $Л_2$. Когда это смещение уменьшится настолько, что в анодной цепи триода появится анодный ток, а вместе с ним и падение напряжения на сопротивлении R_5, правый триод лампы закроется, реле обесточится и его контакты *1* и *2* разомкнут цепь лампы увеличителя.

Выдержка изменяется плавно от 1 до 100 *сек* переменным сопротивлением R_3. В некоторых пределах (в 2 раза) можно изменять выдержку и при помощи переменного сопротивления R_2.

При автоматической печати ($П_2$ в положении *2*) вместо сопротивления R_3 и R_4 включается вакуумный фотоэлемент. Последний помещен в небольшом софите, который закреплен на тубусе увеличителя и направлен непосредственно на освещенный лист фотобумаги. Световой поток на фотоэлемент может быть отражен также при помощи стеклянной призмы или пластинки.

Скорость разряда конденсатора (C_1—C_5) определяется величиной разрядного тока, т. е. тока через фотоэлемент, зависящего только от освещенности последнего. Поэтому в конечном итоге время разряда конденсатора и время выдержки будет определяться освещенностью фотоэлемента. Чтобы зависимость между выдержкой и освещенностью была линейной, следует применять только вакуумные фотоэлементы, так как у них фототок не зависит от величины приложенного напряжения. Корректировать выдержку в зависимости от сорта бумаги можно переключателем $П_1$, а в зависимости от характера негатива — переменным сопротивлением R_2.

В установке применено реле типа РСМ-2.

ВЫСОКОСТАБИЛЬНОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Схема реле времени с использованием катодно-следящей лампы дана на рис. 24.

Питание прибора осуществляется от двух однополупериодных выпрямителей. Селеновый выпрямитель *В* обеспечивает напряжение «плюс» 150 *в*, а выпрямитель на левой (по схеме) половине лампы $Л_1$, включенный диодом, — «минус» 150 *в*. Конденсаторы C_1 и C_2 служат фильтрами, а сопротивления R_1 и R_2 ограничивают величину тока через выпрямители. Правая часть лампы $Л_1$ выполняет роль катодно-следящей зарядной схемы. Анод

лампы присоединен к выпрямителю +150 *в*, а катод к выпрямителю —150 *в*, следовательно, полное напряжение питания на лампе равно 300 *в*. Применение такого напряжения обеспечивает хорошую линейность напряжения на зарядном конденсаторе C_4. Переключателем $П_1$ производится изменение диапазона выдержки.

Катод правого триода лампы $Л_1$ через сопротивления R_5 и R_6 присоединен к сетке тиратрона $Л_2$. Сопротивление R_6 ограничивает величину сеточного тока тиратрона. Анодная цепь тиратрона питается переменным током. В эту

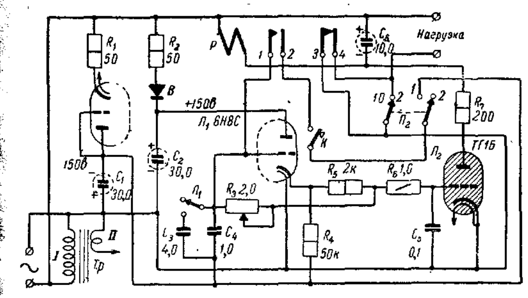


Рис. 24. Схема высокостабильного реле времени.

цепь включены обмотка электромагнитного реле *Р* и ограничительное сопротивление R_7. Конденсатор C_6 служит для устранения дребезжания якоря реле. После прогрева нитей накала ламп потенциал катода правого триода $Л_1$ достигает некоторого значения, при котором тиратрон зажжется. Контакты *1* и *2* реле *Р* при этом замкнутся.

Перед началом отсчета времени переключатель $П_2$ следует поставить в положение *1* «выдержка». Выдержка начинается нажатием кнопки *К*. При этом сетка правого триода лампы $Л_1$ через контакты *1* и *2* реле, кнопку *К* и переключатель $П_2$ присоединяется к точке —150 *в* и зарядный конденсатор C_4 разряжается. Потенциал катода в этом положении около +15 *в*, и, следовательно, на сетке тиратрона получается отрицательное напряжение 150—15= =135 *в* и он гаснет. Реле отпускает якорь и его контакты *3* и *4* включают нагрузку. Следует отметить, что время

нажатия кнопки K некритично, поскольку контакты *1* и *2* разрывают цепь кнопки.

Потенциал катода правого триода лампы $Л_1$ начнет возрастать по линейному закону, и когда он возрастет до потенциала зажигания тиратрона, последний становится проводящим и реле P срабатывает, выключая нагрузку. Для включения нагрузки помимо реле времени переключатель $П_2$ переводится в положение *2*.

Реле времени имеет два диапазона выдержек: 0,5—35 и 2,5—175 *сек*. Градуировка производится только на первом диапазоне. При работе на втором деления шкалы умножаются на 5, поскольку шкалы совпадают. Выдержка мало зависит от параметров лампы $Л_1$, и поэтому градуировка сохраняется при смене ламп.

ШИРОКОДИАПАЗОННОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Это устройство было разработано для автоматического отсчета времени при фотопечати и при проявлении фотопленок. В первом случае интервал выдержек равен 1—100 *сек*, во втором максимальная выдержка получается до 18 *мин*.

Схема реле времени изображена на рис. 25. При разомкнутом выключателе $Вк$ через лампу $Л_2$ и участок сетка — катод верхнего триода лампы $Л_1$ происходит заряд конденсатора C_2. Реле P при этом обесточено, так как анодная цепь триода разорвана.

Выдержка начинается замыканием выключателя $Вк$. Лампа $Л_2$ зажигается, а конденсатор C_2 начинает разряжаться. Разряд этого конденсатора осуществляется через лампу с обратной связью по току (см. рис. 10,*б*). Поэтому величина выдержки равняется 50 RC_2. Регулировка интервала времени производится переменным сопротивлением R.

Когда конденсатор C_2 разрядится, анодный ток верхнего триода лампы $Л_1$ резко возрастет до величины, при которой реле P сработает, и его контакты *1* и *2* разомкнут цепь лампы $Л_2$.

При проявлении фотопленок выключатель $Вк$ замыкается одновременно с началом проявления. После окончания выдержки контакт *2* реле касается контакта *3* и включает питание звонка $Зв$.

Реле применено с током срабатывания 12 *ма* и сопротивлением обмотки около 5 000 *ом*. Для лампы $Л_1$ обязательно применение панельки с высокой изоляцией (например, фарфоровой). Конденсаторы C_1 и C_2 также должны обладать высокой изоляцией.

ТИРАТРОННОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Из схем реле времени на тиратронах наиболее часто применяется рассматриваемая здесь схема (рис. 26).

При разомкнутом ключе K на конденсаторе C_1 будет накапливаться заряд указанной на схеме полярности. Выпрямление осуществляется участком сетка — катод тиратрона (поскольку сетка и катод оказываются присоединенными к разным проводам питающей сети).

Рис. 25. Схема широкодиапазонного реле времени.

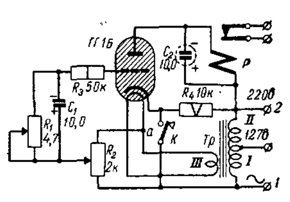


Рис. 26. Схема тиратронного реле времени на переменном токе.

При замыкании ключа K к тиратрону оказывается приложенным полное напряжение сети. Но тиратрон не проводит, так как он закрыт по сетке отрицательным напряжением на конденсаторе C_1.

Время выдержки определяется постоянной цепи R_1C_1 и положением движка потенциометра R_2. Мгновенное значение напряжения между сеткой и катодом тиратрона равно сумме напряжений на конденсаторе C_1 и между движком и нижним (по схеме) выводом потенциометра R_2. Концы обмотки накального трансформатора $Тр$ включены так, что когда потенциал зажима *2* положителен по отношению к зажиму *1*, потенциал точки *а* отрицателен. Поэтому при положительных полупериодах электросети напряжение, снимаемое с потенциометра R_2, увеличивает «минус» на сетке тиратрона. Величина выдержки зависит от регулировки потенциометра. Максимальная выдержка получается при верхнем положении его движка.

По истечении установленного периода времени «минус» на сетке уменьшится настолько, что тиратрон зажжется и реле P сработает.

Диапазон выдержек реле времени равен 0,2—120 *сек.* При помощи потенциометра R_2 величина установленной выдержки может быть плавно изменена в 2 раза.

Реле P взято телефонного типа на ток срабатывания 10—12 *ма* и сопротивлением обмотки 1—2 *ком.* Накальный трансформатор *Тр* собран на сердечнике из пластин типа Ш-20 при толщине пакета 20 *мм.* Обмотка *I* состоит из 1 900 витков провода ПЭЛ 0,21, обмотка *II* — из 1 400 витков ПЭЛ 0,18 и обмотка *III* — из 95 витков ПЭЛ 1,0.

ВЫСОКОСТАБИЛЬНОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ С ТИРАТРОНОМ

Благодаря применению специальной схемы разрядной цепи (см. стр. 21) это реле времени обладает повышенной стабильностью. Принципиальная схема его приведена на рис. 27.

После включения питания и прогрева нити накала тиратрон зажигается, поскольку его сетка оказывается

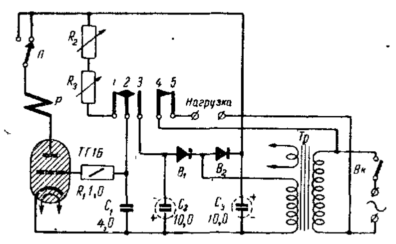


Рис. 27. Схема высокостабильного реле времени.

подключенной через R_1C_1 и разрядные сопротивления R_2 и R_3 к положительному полюсу выпрямителя (+200 *в*). Реле P срабатывает, контакт *2* замыкается с контактом *3* и конденсатор C_1 заряжается до напряжения —200 *в.* На сетке тиратрона напряжение тоже равно —200 *в*, но тиратрон будет гореть, поскольку сетка теряет свои управляющие свойства. В таком состоянии схема готова к работе.

Для запуска схемы следует на мгновение разорвать анодную цепь тиратрона переключателем *П.* Якорь реле при этом отпадает и тиратрон окажется запертым отрицательным напряжением на конденсаторе C_1. Контакты *4* и *5* реле включат нагрузку, а контакт *2* замкнется с контактом *1* и конденсатор C_1 начнет разряжаться через разрядные сопротивления R_2 и R_3.

Тиратрон вновь зажжется, когда отрицательное напряжение на сетке уменьшится до —8 *в.* Якорь реле притянется, цепь нагрузки разорвется и схема вернется в исходное состояние.

Интервал выдержек реле времени равен 1—110 *сек.* Регулировка длительности выдержек производится двумя переключателями на 10 положений.

Переключателем сопротивлений R_2 устанавливается выдержка единиц, а переключателем R_3 десятков секунд. Для получения выдержки в 1 *сек* каждое разрядное сопротивление должно быть равно 78 *ком,* а для выдержки в 10 *сек* — 780 *ком.*

Питание реле времени осуществляется от двух однополупериодных селеновых выпрямителей. Селеновые столбики B_1 и B_2 содержат по 20 шайб диаметром 35 *мм.* Реле можно применить любого типа.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Электрические данные электромагнитных реле

Реле типа КДРТ

Обмотка			Рабочее напряжение, *в*	Рабочий ток *ма*, при напряжениях, *в*					
Сопротивление, *ом*	Число витков	Диаметр провода, *мм*		6	12	24	48	110	220
31	2 600	0,35	6	193	386	772	—	—	—
48	3 200	0,31	6, 12	125	250	500	1 000	—	—
72	4 000	0,29	12	—	167	333	666	—	—
120	5 150	0,25	12	—	100	200	400	—	—
280	7 500	0,2	12; 24	—	43	86	171	393	—
435	9 500	0,18	24	—	—	55	110	253	—
650	11 400	0,16	24	—	—	37	74	170	—
2 000	20 000	0,12	48	—	—	—	24	55	110
4 000	26 000	0,1	48; 110	—	—	—	12	27,5	55
9 000	40 000	0,08	110	—	—	—	—	12,2	24,5
17 000	57 000	0,07	220	—	—	—	—	—	12,9

Реле типа РП-4

Номер по каталогу	Обмотка							Ток срабатывания, *ма*
	Номер обмотки	Сопротивление, *ом*	Число витков	Марка провода	Диаметр провода, *мм*	Начало	Конец	
V.172.20.27/Э	I	140	1 250	ПЭЛ	0,09	1	2	0,4—1,6
	II	140	1 250	ПЭЛШО	0,09	3	4	—
	III	140	1 250	ПЭЛ	0,09	6	5	—
	IV	140	1 250	ПЭЛШО	0,09	8	7	—
	V	28	300	ПЭЛШО	0,12	9	10	3,3—13,3
	VI	28	300	ПЭЛШО	0,12	11	12	—
	VII	2 250	5 000	ПЭЛ	0,06	12	13	0,2—0,8
V.172.20.28/Э	I	8 500	22 000	ПЭЛ	0,05	1	2	0,045—0,1
	II	8 500	22 000	ПЭЛ	0,05	3	4	0,045—0,18

Номер по каталогу	Обмотка							Ток срабатывания, *ма*
	Номер обмотки	Сопротивление, *ом*	Число витков	Марка провода	Диаметр провода, *мм*	Начало	Конец	
V.172.20.29/Э	I	4,5	500	ПЭЛ	0,27	1	2	0,18—0,73
	II	300	5 000	ПЭЛ	0,14	3	4	—
V.172.20.30/Э	I	290	2 500	ПЭЛШО	0,09	1	2	0,4—1,6
	II	290	2 500	ПЭЛШО	0,09	3	4	0,2—0,8
V.172.20.31/Э	I	6 000	17 000	ПЭЛ	0,05	1	2	0,058—0,24
	II	6 000	17 000	ПЭЛ	0,05	3	4	0,058—0,24

Реле типа МКУ-48

Обмотка			Рабочее напряжение, *в*	Напряжение срабатывания, *в*	Рабочий ток, *ма*	Ток срабатывания, *ма*
Сопротивление, *ом*	Число витков	Диаметр провода, *мм*				
220	3 780	0,18	24	19	115	80
1 200	7 000	0,12	48	39	40	32
2 400	10 000	0,12	48	39	20	16
4 400	15 000	0,08	48	39	11	8
1 600	7 500	0,12	60	45	40	32
1 600	6 500	0,12	60	45	41	30
4 600	15 500	0,08	110	88	26	15
4 400	15 000	0,08	220	145	26	16
4 600	15 500	0,08	200	165	22	16,5
480	5 200	0,14	110	90	46	8
700	6 000	0,13	110	90	32	55
900	7 000	0,12	110	88	25	42
1 600	9 000	0,1	110	88	14	25
700	6 500	0,13	147	104	36	62
2 100	11 000	0,1	220	150	20	36
3 800	13 000	0,08	220	182	14	22

Первые (сверху) девять реле рассчитаны на питание постоянным, а последние семь — переменным током.

СОДЕРЖАНИЕ